

THESIS

Munich

1304

ÜBER DEN EINFLUSS VON
ADRENALINABKÖMMLINGEN
AUF DAS LUNGENBLUTVOLUMEN

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

Christian Gahlemann



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154022_0009

ÜBER DEN EINFLUSS VON
ADRENALINABKÖMMLINGEN
AUF DAS LUNGENBLUTVOLUMEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Christian Gahlemann
aus Köln

München 1964

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Privat-Dozent Dr. J. HESS
Mitberichterstatter:	Professor Dr. W. SEITZ
Dekan:	Professor Dr. R. BACHMANN

Tag der mündlichen Prüfung: 4. 2. 1964

A. Einleitung

B. Die Eltern als Vorbilder der Jugend und
als Träger der Erziehung des Kindes

C. Die Entwicklung der Eltern-Kind-Beziehung
von der Kindheit bis zur Jugend

MEINEN ELTERN

IN DANKBARKEIT GEWIDMET

D. Die Eltern als Träger der Erziehung
des Kindes

E. Die Entwicklung der Eltern-Kind-Beziehung
von der Kindheit bis zur Jugend

F. Die Eltern

G. Die Erziehung

H. Die Entwicklung

I. Die Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Einleitung	7
B. Methode zur fortlaufenden Registrierung der quantitativen Veränderungen des Lungenblut- volumens	9
C. Fortlaufende Messung der quantitativen Ver- änderungen des Lungenblutvolumens unter der Wirkung kreislaufaktiver Substanzen	11
I. Veränderungen des Lungenblutvolumens durch Sympatol Tabellarische Übersicht	11
II. Veränderungen des Lungenblutvolumens durch Noradrenalin Tabellarische Übersicht	16
D. Diskussion	21
E. Zusammenfassung	24
F. Literaturverzeichnis	26
G. Lebenslauf	30

A. EINLEITUNG

Im kleinen Kreislauf sind rechtes Herz, Lungengefäßsystem und linkes Herz hintereinander geschaltet. Die Lunge ist in besonderem Maße ein vaskuläres Organ. Nach den Berechnungen von Roughton beträgt die parietale Oberfläche der Lungenkapillaren im Ruhezustand 28 qm, bei der Arbeit aber 60 qm. Während man früher die Funktion der Lunge meist nur als Vermittler des Gasaustausches ansah, machte Sjöstrand darauf aufmerksam, daß in den Lungenvenulae ca. 100 ml Blut gespeichert sind und so kurz andauernde Blutdruckveränderungen in der Peripherie durch vermehrten Abstrom dieses gespeicherten Blutes ausgeglichen werden können.

Das Lungenblutvolumen beträgt bei einem erwachsenen Menschen in völliger Ruhe und Horizontallage nach den Untersuchungen von Lammerant, die er an 46 Patienten vornahm, 1240 ml, das sind 28 % des Gesamtblutvolumens, das man mit $1/13$ des Körpergewichts angibt. Das Lungenblutvolumen stellt also eine beträchtliche Größe dar und es interessiert die Frage, inwieweit es verändert werden kann.

Akute Veränderungen des Blutvolumens wirken sich nicht nur am Herzen, sondern auch an der Lunge aus, denn es besteht eine Korrelation zwischen Lungenblutvolumen und Schlagvolumen des Herzens. (Sjöstrand, Milnor, Nowy und Frings) Lammerant fand in seinen Untersuchungen, daß z.B. bei Bewegungen oder in der Verdauungsphase nach einer größeren Mahlzeit das Herzschlagvolumen zunahm, sich dagegen eine Verminderung des Lungenblutvolumens zeigte, die 28 % des vorher bestimmten Lungenblutvolumens betrug oder einen Mittelwert von 959 ml jetzt hatte. Andere Autoren untersuchten die Wirkung von kreislaufaktiven Substanzen auf das Lungenblutvolumen. (Borst, Feeley, Hess, Fleischer) Hess konnte außerdem zeigen, daß Stauungen beider Beine und deren plötzliche Lösung Blutvolumenzunahmen von 228 ml bewirkten.

Am Menschen werden diese Untersuchungen meist mit Hilfe der Farbstoffverdünnungsmethode nach Stewart-Hamilton mit Evans Blue durchgeführt, bei der das Lungenblutvolumen aus dem Schlagvolumen und der Zirkulationszeit bestimmt wird. (Nowy, Oakley, Dock u. a.)

Lammerant beschrieb eine weitere Methode, bei der menschliches Albumin, das mit radioaktivem J 131 markiert ist, in die Vena cubitalis re. injiziert wird. Mit einem Geigerzähler vor der vorderen Thoraxwand in der Achse Mitte re. Ventrikel - Mitte lk. Herzohr werden die Impulse beim Durchlaufen des Testserums über dem re. Herzen und dann über dem lk. Herzen graphisch festgehalten. Aus einer so entstandenen graphischen Kurve läßt sich dann das Lungenblutvolumen errechnen.

Diese Methoden sind aber nicht in genügend kurzen Abständen wiederholbar, um akute und kurz andauernde Veränderungen zu erfassen; auch ergibt eine einmalige Messung nur den Wert für die jeweilige Kreislaufsituation. Außerdem stellen sie

eine erhebliche Belastung des Patienten dar, weil man zu genauen Messungen einen Herzkatheter benötigt.

Zum ersten Mal machte deshalb Marchal 1946 den Versuch, mit Hilfe der Elektrodensigraphie die Dichteschwankungen an verschiedenen Stellen der Lunge zu messen und daraus Rückschlüsse auf die Pulsation und die Durchblutung zu ziehen. Kjellberg und Mitarbeiter haben 1950 ebenfalls mit einem Elektrokymographen die Dichteschwankungen der Lunge gemessen. Beide Autoren haben aber keine quantitativen Durchblutungsänderungen der Lunge gemessen.

Hess veröffentlichte 1956 eine Methode zur fortlaufenden Registrierung der qualitativen und 1962 zur fortlaufenden Registrierung der quantitativen Veränderungen des Lungenblutvolumens beim Menschen.

Die hier vorliegenden Untersuchungen über den Einfluß von Adrenalinabkömmlingen auf das Lungenblutvolumen wurden nach dieser Methode durchgeführt.

B. METHODE ZUR FORTLAUFENDEN REGISTRIERUNG DER QUANTITATIVEN VERÄNDERUNGEN DES LUNGENBLUTVOLUMENS

Die Absorption von Röntgenstrahlen, die einen Körper durchstrahlen, ist abhängig von seiner Dichte. Wenn nun die Gesamtflüssigkeit der Lungen zunimmt, so muß auch die Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen abnehmen; bei einer Abnahme der Gesamtflüssigkeit nimmt die Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen zu.

Von diesem Gedanken ausgehend entwickelte Hess seine Methode. Allerdings zeigte sich, daß die Strahlendurchlässigkeit auch noch von einem zweiten Faktor abhängt, nämlich den respiratorischen Schwankungen. So führt eine inspiratorische Ausdehnung der Lungen zu einer Erhöhung, eine expiratorische Verkleinerung zur Verminderung der Strahlendurchlässigkeit. Diese Veränderungen der Röntgenstrahlendurchlässigkeit werden mit Hilfe einer Photozelle und eines daran angeschlossenen Sekundärelektronenvervielfachers in entsprechende elektrische Spannungsschwankungen umgesetzt. Wenn diese mit einer Gleichspannungsregistriervorrichtung laufend aufgeschrieben werden, zeigen solche Kurven nicht nur die relativ frequenten, rhythmischen Dichteschwankungen durch die Atmung und den Puls, sondern auch die allmählichen Veränderungen der Dichte durch Zunahme und Abnahme des Lungenblutvolumens.

Zur Messung und Registrierung der Dichteschwankungen der Lunge wurde von uns der Elektrokymograph nach Prof. Heckmann - Ing. Knott (Type EKY-ÄHM) der Firma Schwarzer GmbH, München-Pasing, angewandt; als Schreiber stand uns der Einfachschreiber Enograph - G (Type ZSG-BN 18531/4) der Firma Rohde und Schwarz, München, zur Verfügung.

Der Patient liegt völlig ruhig auf dem Rücken in einem normalen Durchleuchtungsapparat. Die Röntgenstrahlen werden durch einen Filter zu einem kleinen Bündel abgeblendet und fallen auf ein Aufnahmegerät, das mit Saugpfröpfen auf der Rückseite des Leuchtschirms befestigt ist. In diesem Aufnahmegerät befindet sich eine Photozelle, mit Sekundärelektronenvervielfacher (Multiplier I P 21). Die Photozelle hat eine Fläche von $2,5 \text{ cm}^2$, vor ihr befindet sich eine $2,5 \text{ cm}^2$ große Blende aus Blei. Die vom Sekundärelektronenvervielfacher, der mit Hochspannungsstrom gespeist wird, ausgehenden elektrischen Impulse gelangen über einen Filter - zur Ausblendung von Störspannungen des Röntgengerätes - zu einem Registriergerät, das mit einem Gleichstromverstärker arbeitet.

Bei jedem Versuch wird nun die Photozelle auf einen vorderen Zwischenrippenraum eines Lungenunter- oder -mittelfeldes eingestellt. Es wird darauf geachtet, daß die Photozelle von senkrecht einfallendem, möglichst streng auf sie eingeblendetem Röntgenlicht getroffen wird. Diese Einstellung wurde mit 90 KV und 1 mA vorgenommen.

Bei jedem Versuch wurde eine Eichkurve geschrieben. Hess fand in früheren Versuchen, daß Plexiglas die gleiche Dichte wie Blut hat. So entspricht eine 0,4 cm dicke Plexiglasscheibe einem ml Blut. Vor der Photozelle werden nun hintereinander 6 Plexiglasstufen, deren Stärkeunterschied jeweils 0,4 cm beträgt, eingeschoben. 6 Eichstufen entsprechen also 6 ml Blut.

Damit besteht die Möglichkeit, die einzelnen Ergebnisse miteinander zu vergleichen, da das intrathorakale und extrathorakale Volumen individuell ist. Abweichungen der Dichtekurve von der Mittellage können also bei jedem Versuch an der Eichkurve in ml Blut abgelesen werden.

Das System mißt aber nur die Dichteänderungen in dem erfaßten Zylinder, dessen Größe sich aus der Fläche der Photozelle = $2,5 \text{ cm}^2$ und dem Durchmesser der durchstrahlten Partie ergibt. Deshalb wurde mit einem Beckenzirkel der Thoraxdurchmesser zwischen Ansatz der dritten Rippe am Sternum und dem Dornfortsatz des Wirbels in gleicher Höhe gemessen. Unter der Voraussetzung, daß akute Volumenveränderungen die Lunge gleichmäßig treffen und keine Änderung der Atemmittellage eintritt, können die an einem Lungenzylinder bekannter Größe gemessenen Dichteänderungen auf einen Liter Lunge umgerechnet und in ml ‰ angegeben werden.

In einem Teil der Untersuchungen haben wir versucht, die Volumenveränderungen in dem Lungenzylinder in Beziehung zum gesamten Lungenblutvolumen zu setzen. Hess und Fleischer haben das Lungenvolumen aus dem röntgenologischen Thoraxvolumen und einem auf Grund eigener Versuche ermittelten Korrekturfaktor errechnet. Mit einem Radplanimeter wird die Fläche der beiden Lungen auf einer Herzfernaufnahme aus 2 m Abstand bestimmt. Dieser Faktor wird mit dem ap. Durchmesser des Thorax multipliziert und ergibt das röntgenologische Thoraxvolumen, das dann mit dem Korrekturfaktor von 0,558 multipliziert werden muß.

Es scheint uns aber exakter zu sein, die Veränderungen des Lungenblutvolumens nur in ml ‰ anzugeben, denn das Lungenblutvolumen ist eine relative Größe.

Werden diese Untersuchungen sorgfältig durchgeführt, so kommt es zu keiner unzulässigen Strahlenbelastung. Während des Versuches haben wir einen Durchleuchtungsstrom von 50 KV und 1 mA eingeschaltet. Durch die Verwendung eines Röhrenfilters äquivalent 2,0 mm Al wird das kleine Hautfeld in der Minute nur mit einer Strahlendosis von 0,8 r belastet. Bei länger dauernden Untersuchungen ist es jederzeit möglich, das Röntgengerät auszuschalten und zur Kontrolle des Dichteverlaufes in Intervallen für Sekunden wieder einzuschalten. So liegt selbst bei einer Versuchsdauer von 45 Minuten die Strahlendosis unter der für Durchleuchtung zulässigen Hautdosis von 100 r.

C. FORTLAUFENDE MESSUNG DER QUANTITATIVEN VERÄNDERUNGEN DES LUNGENBLUTVOLUMENS UNTER DER WIRKUNG KREISLAUFAKTIVER SUBSTANZEN

Wir wählten aus der Adrenalinreihe Sympatol (Boehringer, Ingelheim) und Noradrenalin.

Die Patienten waren in der Ambulanz der medizinischen Poliklinik wegen peripherer Durchblutungsstörungen in Behandlung.

Die Injektionen wurden in der Vena cubitalis re. durchgeführt; die Blutdruckmanschette wurde am linken Arm angelegt. Da wir bei einigen Patienten bei der Einführung der Injektionskanüle eine Veränderung der Atemmittellage beobachten konnten, haben wir diese Injektionen vor Beginn der Untersuchungen vorgenommen, um jede Irritation des Patienten zu vermeiden. Außerdem wurde während der Untersuchungen jedes Geräusch im Röntgenraum vermieden, da sich bei jeder geringfügigen Bewegung des Patienten, z.B. Wenden des Kopfes in Richtung eines Geräusches, eine Rippe in den Strahlengang Röntgenröhre - Photozelle schieben kann, so daß dadurch die Strahlenabsorption erhöht und eine Aussage über Dichteänderungen durch Blutvolumensänderungen unmöglich wird.

Alle Untersuchungen wurden in leichter Kopfhochlage in einem Winkel von 15 Grad durchgeführt.

I. VERÄNDERUNGEN DES LUNGENBLUTVOLUMENS DURCH SYMPATOL

Versuch 1: Abb. 1

Patient W. Alter 33 J.; Gewicht 74 kg; Größe 176 cm; Thoraxdurchmesser 16,5 cm; Blutdruck 135/85.

Versuchsdauer 30 Min., Papiergeschwindigkeit 2/9 mm / sec. (die Länge zweier Vierecke auf dem Kurvenpapier entspricht 3 Min.)

Wir schrieben zuerst eine Ruhekurve von 6 Min. Dauer. Ein Ausschlag nach unten bedeutet eine Dichtezunahme, ein Ausschlag nach oben eine Dichteabnahme.

Eine Zacke gibt einen Atemzug wieder. Die untere Zacke ist der Umschlagspunkt von Aus-zur Einatmung, während die oberen Zacken den Umschlagspunkt von Ein- zur Ausatmung darstellen.

Dann erfolgte die Injektion von 0,06 g = 1 ml Sympatol, die eine Min. dauerte. Schon in der Mitte der Injektion kam es zu einer Vergrößerung der Atemamplitude, gleichzeitig begann eine Dichtezunahme, deren Maximum nach 1,5 Min. erreicht war. Der RR war auf 210 / 110 gestiegen. Diese Dichteänderung hielt gleichbleibend 3 Min. an. Dann erfolgte eine allmähliche Dichteabnahme mit gleichzeitigem Sinken des Blutdrucks. Wir haben dann das Röntgengerät abgeschaltet. Drei kurz andauernde Kontrollen ergaben, daß die Dichteabnahme anhielt und 15 Min. nach der Injektion der Ausgangspunkt der Kurve wieder erreicht wurde. Der RR war

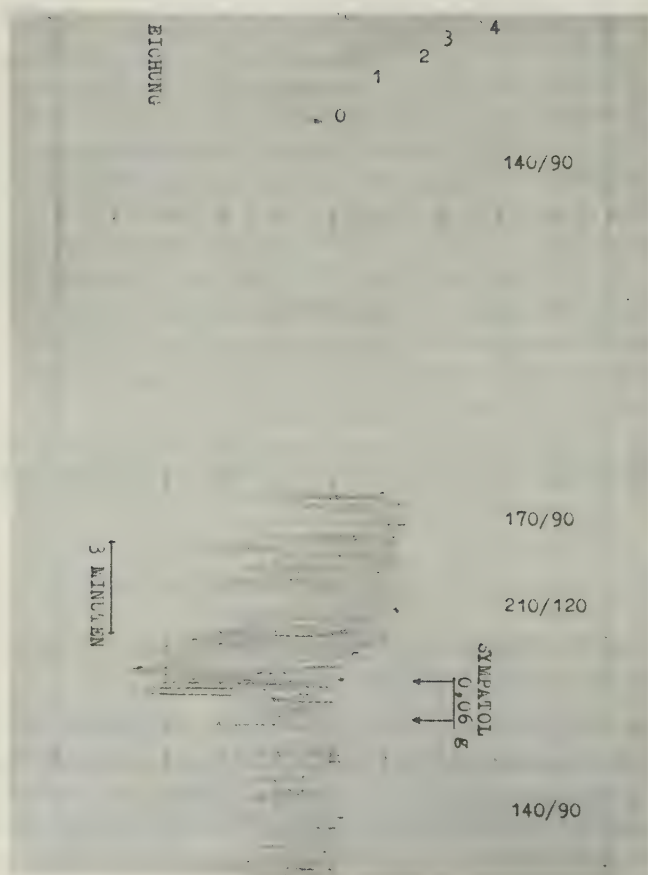


Abb. 1

140/180. Anschließend haben wir die Eichkurve geschrieben. Wir schoben hintereinander 4 Eichstufen ein, deren Strahlenabsorption einen deutlichen stufenförmigen Ausschlag nach unten bewirkten.

Berechnung der Dichteänderungen:

Die röntgenologische Thoraxfläche, auf einer Lungenaufnahme aus 2 m Abstand mit einem Radplanimeter bestimmt, ist: 463 cm^2 .

Das röntgenologische Thoraxvolumen beträgt:

$$\text{rö. Thoraxfläche} \times \text{Thoraxdurchmesser: } 463 \times 16,5 = 7639,5 \text{ ml}$$

Dieser Wert muß mit dem Korrekturfaktor 0,558 multipliziert werden.

$$\text{Für die Lungengröße erhält man: } 7639,5 \times 0,558 = 4263 \text{ ml.}$$

Der gemessene Lungenzylinder war:

$$\text{Thoraxdurchmesser} \times \text{Photozellenfläche} = 16,5 \times 2,5 = 41,25 \text{ cm}^3$$

Berechnung der quantitativen Veränderung des Lungenblutvolumens: Die Dichteververschiebung wurde aus einer gedachten Linie abgelesen, die durch die unteren Kurvenzacken verläuft. Die Differenz beider Linien beträgt 1,2 cm; an der Eichkurve abgelesen entspricht das zwei Eichstufen. In den Lungenzylinder, dessen Größe in diesem Falle $41,25 \text{ cm}^3$ ist, sind also 2 ml Blut eingeflossen.

Die ganze Lunge enthält 4263 dividiert durch $41,25 = 103,37$ solcher Zylinder. Daher sind in die Lunge $103,37 \times 2 = 206,74$ ml Blut eingeflossen.

Aus den oben angeführten Gründen geben wir den Blutvolumenszuwachs auch in ml ‰ an. Die Berechnung ist wie folgt:

Thoraxdurchmesser x Photozellenfläche, bezogen auf 1000 ml Lungenvolumen. In diesem Falle:

$$1000 : 41,25 = 24,24 \text{ multipliziert mit dem Dichtezuwachs von 2 ml} = 48,48.$$

Ergebnis: Nach 1,5 Min. betrug die Zunahme des Lungenblutvolumens 206,74 ml oder 48,48 ml ‰.

Versuch 2:

Pat. G. Alter 27 J.; Gew. 75 kg; Größe 180 cm; Thoraxdurchmesser 18,5 cm; RR 130 / 90 Versuchsdauer: 30 Min.

Nach Aufschreiben einer Ruhekurve von 6 Min. Dauer erfolgte die Injektion von 0,06 g Sympatol. 1,5 Min. später kam es zu einer Dichtezunahme, entsprechend einer Eichstufe. RR 170 / 110. Diese Dichtezunahme hielt ca. 3 Min. an, dann begann sie allmählich wieder abzunehmen. Nach ca. 6 Min. war die Ausgangslage wieder erreicht. RR 150 / 90. Anschließend haben wir die Eichkurve geschrieben.

Ergebnis: Lungenblutvolumenszunahme nach 1,5 Min. 99,5 ml oder 12,97 ml ‰.

Versuch 3:

Pat. Z. Alter 36 J.; Gew. 83 kg; Gr. 168 cm; Thoraxdurchmesser 20 cm; Versuchsdauer: 25 Min. RR 140/90.

Zuerst wurde ca. 3 Min. eine Ruhekurve geschrieben, dann die Eichkurve. Dann wurden 0,06 g Sympatol i. v. injiziert. Nach 1,5 Min. trat eine plötzliche Dichtezunahme ein, entsprechend 4 Eichstufen. Der Blutdruck stieg auf 185/100. Die Dichte nahm nach 1/2 Min. in steilem Verlauf wieder ab, die Dichteänderung betrug nach 2 Min. nur noch 2 Eichstufen bezogen auf den Ausgangswert. Dieses Niveau wurde 3 Min. lang beibehalten, der RR betrug 170/105. Dann nahm die Dichte wieder langsam ab und erreichte 12 Min. nach Ende der Injektion wieder ihren Ausgangswert. Der Blutdruck betrug nach dem Versuch 160/105.

Ergebnis: Lungenblutvolumenzunahme nach 1,5 Min. 358 ml oder 80 ml ‰, nach weiteren 2 Min. betrug die Zunahme nur noch 179 ml oder 40 ml ‰.

Versuch 4:

Pat. T. Alter 28 J.; Gr. 162 cm; Gew. 52 kg; RR 140/95; Thoraxdurchmesser 16 cm. Versuchsdauer: 24 Min.

Nachdem wir 4,5 Min. lang eine Ruhekurve geschrieben haben, wurde die Injektion von 0,06 g Sympatol vorgenommen. Nach 1,5 Min. begann eine steile Dichtezunahme, deren Maximum einer Eichstufe entsprach. RR 180/130. Es trat 2,0 Min. lang keine Dichteänderung mehr ein. Wir schalteten deshalb das Röntgengerät vorübergehend aus. Einschaltungen zur Kontrolle ergaben eine allmähliche Dichteabnahme. Nach 3,5 Min. war das Niveau der Ruhekurve wieder erreicht. Am Ende des Versuches war der RR 160/110. Anschließend erfolgte die Eichung.

Ergebnis: Nach 1,5 Min. Lungenblutvolumenzunahme von 117, 17 ml oder 20,5 ml ‰.

Versuch 5:

Pat. M. Alter: 25 J.; Gr. 180; Gew. 73 kg; RR 135/85; Thoraxdurchmesser 19 cm; Versuchsdauer: 21 Min.

Nach einer Ruhekurve von 6 Min. Dauer erfolgte die Injektion von 0,06 g Sympatol. Nach Beendigung der Injektion kam es sofort zu einer Vergrößerung der Atemamplitude, gleichzeitig trat eine Dichtezunahme auf, deren Maximum nach 1,5 Min. erreicht war. RR 155/100. Die Dichtezunahme entsprach einer Eichstufe. Es zeigte sich 12 Min. lang keine Dichteänderung mehr. Auch blieb der Blutdruck unverändert. Wir haben deshalb nach der Eichung den Versuch abgebrochen.

Ergebnis: Nach 1,5 Min. Lungenblutvolumenzunahme von 134,2 ml oder 25,27 ml ‰.

Versuch 6:

Pat. F. Alter: 61 J.; Gr. 168; Gew. 76,5 kg; RR 185/110; Thoraxdurchmesser 20 cm; Versuchsdauer 25 Min.

Zuerst wurde die Eichkurve geschrieben, dann eine Ruhekurve von 4,5 Min. Dauer. Nach der Injektion von 0,06 g Sympatol kam es zu einer steilen Dichtezunahme, deren Maximum nach 2 Min. erreicht war, entsprechend 2 Eichstufen. RR 245/120. Diese Dichteänderung blieb 3 Min. lang konstant, dann nahm sie langsam ab und betrug nach 6 Min. nur noch 1 Eichstufe, beim RR 210/120. Nach 9 Min. war die Ausgangsdichte wieder erreicht. RR 190/110.

Ergebnis: 2 Min. nach der Injektion von 0,06 g Sympatol hatte das Lungenblutvolumen um 204 ml zugenommen oder 40 ml ‰, nach 8 Min. betrug die Volumensdifferenz nur noch 102 ml oder 20 ml ‰.

Versuch 7:

Pat. H. Alter: 26 J.; Gew. 80 kg; Gr. 168 cm; Thoraxdurchmesser 20 cm; RR 150/100. Versuchsdauer 30 Min.

Zuerst wurde die Eichkurve, dann 4,5 Min. lang die Ruhekurve geschrieben. 1,5 Min. nach der Injektion von 0,06 g Sympatol kam es zu einer steil ansteigenden Dichtezunahme, entsprechend 1,5 Eichstufen. RR 200/140. Die Blutvolumenzunahme blieb 4,5 Min. konstant, der RR sank dabei auf 170/120. Nach weiteren 6 Min. ist die Dichtedifferenz nur noch 1/2 Eichstufe groß, der RR ist wieder mit 150/100 dem Ausgangswert entsprechend. Wegen Unruhe des Pat. wird der Versuch abgebrochen.

Ergebnis: Nach 1,5 Min. beträgt die Lungenblutvolumenzunahme 102,2 ml oder 35 ml ‰, nach 6 Min. nur noch 30,5 ml oder 12,5 ml ‰.

Versuch 8:

Pat. S. Alter: 35 J.; Gew. 70 kg; Gr. 172 cm; Thoraxdurchmesser: 20 cm; RR 135/90, Versuchsdauer 25 Min.

Nach einer Ruhekurve von 6 Min. Dauer erfolgte die Injektion von 0,06 g Sympatol. Nach 1/2 Min. kam es zu einer Vergrößerung der Atemamplitude zugleich zu einer Dichteabnahme, entsprechend einer halben Eichstufe. RR 160/100. Nach 1 Min. kam es zu einer langsamen Dichtezunahme, so daß nach 2 Min. ein Dichteniveau erreicht wurde, dessen Wert nur noch 1/4 Eichstufe unter dem Ausgangswert lag. Erst 6 Min. nach Beendigung der Injektion war das Ausgangsniveau wieder erreicht, der RR blieb bei 160/100.

Ergebnis: Nach 1/2 Min. Dichteabnahme von 52 ml oder 10 ml ‰; nach weiteren 2 Min. betrug die Dichteabnahme nur noch 26 ml oder 5 ml ‰.

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Untersuchung über die Wirkung von Sympatol auf das Lungenblutvolumen zusammengefaßt.

Versuch	RR	Dosierung in g	Blutvolumensveränderung			Zeit	Blutdruckänderung
			gesamt	bzw.	relativ		
1	135/85	0,06	+ 206 ml	"	48 ml‰	1'30"	210/110
2	130/90	"	+ 99 ml	"	12 ml‰	1'30"	150/90
3	140/90	"	+ 358 ml	"	80 ml‰	1'30"	170/105
4	140/95	"	+ 117 ml	"	20 ml‰	1'30"	180/130
5	135/85	"	+ 134 ml	"	25 ml‰	1'30"	155/100
6	185/110	"	+ 204 ml	"	40 ml‰	2'	245/120
7	150/100	"	+ 102 ml	"	35 ml‰	1'30"	200/140
8	135/90	"	- 52 ml	"	10 ml‰	30"	160/100

TABELLE 1

Veränderung des Lungenblutvolumens durch Sympatol
+ bedeutet Zunahme; - bedeutet Abnahme

II. VERÄNDERUNGEN DES LUNGENBLUTVOLUMENS DURCH NORADRENALIN

Wir benutzten Arterenol (L-Noradrenalin "Hoechst"), das mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt wurde. Durch ein Infusionsgerät mit verstellbarer Tropfgeschwindigkeit von 10, 20 und 30 γ /Min. Noradrenalin wurde eine genau regulierbare Dosierung erreicht. Die Infusionen wurden vor dem Versuch in der Vena cubitalis re. angelegt.

Versuch 9: Abb. 2

Pat. L. Alter; 58 J.; Gew. 88 kg; Gr. 170 cm; Thoraxdurchmesser: 22 cm; RR 140/90; Versuchsdauer: 42 Min.

Nachdem wir eine Eichkurve geschrieben hatten, wurde das Röntgengerät nur vorübergehend zur Kontrolle eingeschaltet. Es zeigte sich, daß die Ruhekurve bei Stufe 3 das gleiche Niveau hielt. Dann begannen wir die Infusion mit einer Dosierung von 20 γ /Min. Ca. 1,5 Min. danach kam es zu einer Dichteabnahme, die nach 0,5 Min. ihr Maximum erreichte, entsprechend zwei Eichstufen, RR 200/140. Wir reduzierten dann die Dosierung auf 10 γ /Min.; es trat keine Dichteänderung mehr ein. Nach weiteren 2 Min. wurde die Infusion beendet. Das Niveau der Dichtekurve wurde 1,5 Min. beibehalten, dann setzte wieder eine Dichtezunahme ein, so daß 8 Min. nach Beendigung der Infusion der Ausgangswert wieder erreicht war, der

RR war wieder 140/90. Wir haben dann noch einmal 10 μ /Min. infundiert und sahen nach 1,5 Min. wieder eine Dichteabnahme, entsprechend einer halben Eichstufe. RR 180/120. Obwohl die Infusion weiter lief, kam es zu einem allmählichen Dichteanstieg, bei gleichbleibenden RR 180/120. Am Ende des Versuches war die Ausgangsdichte ungefähr wieder erreicht, der RR war mit 140/90 dem Ausgangswert wieder gleich.

Ergebnis: Nach 40 μ Noradrenalin kam es zu einer Dichteabnahme von 36,36 ml‰. Trotz Erhöhung der Dosierung auf 60 μ kam es zu keiner weiteren Dichteänderung mehr. Die nach 15 Min. nochmalige Infusion von 40 μ ergab nur eine Dichteabnahme von 9 ml‰.

Versuch 10:

Pat. D. Alter: 23 J.; Gew. 55 kg; Gr. 163 cm; Thoraxdurchmesser: 16 cm; RR 130/100; Versuchsdauer: 60 Min. (Das Röntgengerät wurde jeweils nur für Sekunden eingeschaltet.)

Zuerst wurde die Eichkurve, dann eine Ruhekurve von 6 Min. Dauer geschrieben. Dann erfolgte die Infusion von 50 μ Noradrenalin, bei 10 μ /Min. Schon nach 1 Min. = 10 μ kam es zu einer langsamen Dichtezunahme, deren Maximum eine Min. nach Beendigung der Infusion erreicht wurde, entsprechend zwei Eichstufen. Der RR stieg auf 145/110. Innerhalb von 6 Min. nahm die Dichte wieder ab um den gleichen Wert. Der RR ging auf 130/100 zurück. Wir haben dann die Infusionsgeschwindigkeit auf 20 μ /Min. erhöht. Nach einer kurzen Dichtezunahme, entsprechend 1/2 Eichstufe, begann die Dichte wieder abzunehmen, der Blutdruck stieg auf 200/140. Nach einer Dosis von 120 μ Noradrenalin brachen wir die Infusion ab, die Dichtekurve fiel weiter und erreichte nach 6 Min. ihr Maximum entsprechend 1 Eichstufe, der RR war wieder 130/100. Anschließend haben wir die Dosierung auf 30 μ /Min. erhöht. Nach 4 Min. = 120 μ begann ein steiler Dichteanstieg, dessen Maximum 2,5 Eichstufen entsprach, RR 210/160. 9 Min. später war die Ausgangsdichte wieder erreicht, der RR war mit 130/100 wieder dem Ausgangswert entsprechend.

Ergebnis: Nach einer Infusion von 50 μ Noradrenalin bei 10 μ /Min. betrug die Zunahme des Lungenblutvolumens 50 ml‰; bei einer Infusionsgeschwindigkeit von 20 μ /Min. kam es zu einer Volumenabnahme von 25 ml‰ nach einer Dosierung von 120 μ . Bei 30 μ /Min. kam es nach 4 Min. zu einer Dichtezunahme von 75 ml‰.

Versuch 11:

Pat. K. Alter: 31 J.; Gew. 70 kg; Gr. 180 cm; Thoraxdurchmesser: 17,5 cm; RR 140/90; Versuchsdauer: 42 Min.

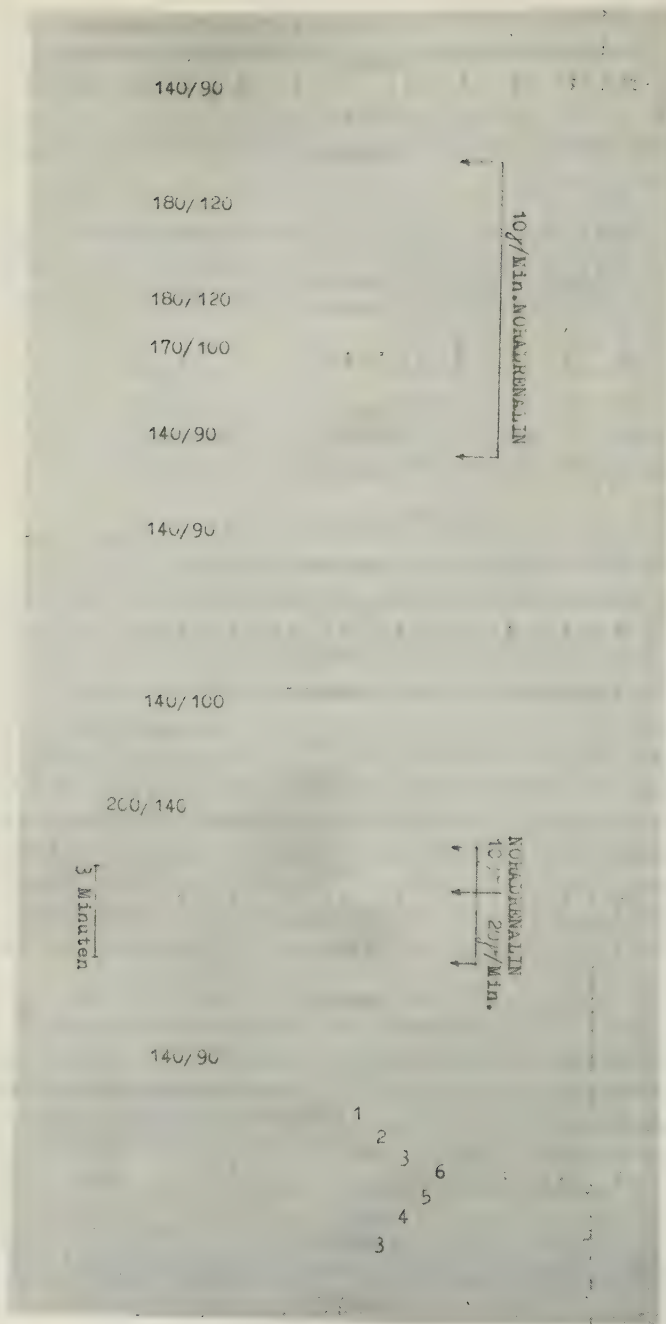


Abb. 2

Nach einer Ruhekurve von 6 Min. Dauer wurden zuerst 4,5 Min. lang 20 μ /Min. infundiert. Es kam nach 1 Min. zu einer Dichteabnahme, entsprechend 1/2 Eichstufe, RR 160/100. Die Dichte veränderte sich nicht weiter, wir haben deshalb die Dosierung auf 30 μ /Min. erhöht. Dabei stieg der RR auf 170/120, es zeigte sich eine Dichteabnahme entsprechend einer weiteren 1/2 Eichstufe. Als sich nach 3 Min. keine Dichteänderung mehr zeigte, haben wir die Infusion abgebrochen. Nach 9 Min. hatte die Dichte wieder ihren Ausgangswert erreicht, der RR betrug wieder 145/100. Dann wurde die Eichkurve geschrieben.

Ergebnis: Die Abnahme des Lungenblutvolumens betrug bei 20 μ /Min. 11,42 ml ‰, bei 30 μ /Min. 22,8 ml ‰ nach einer Infusion von insgesamt 180 μ Noradrenalin.

Versuch 12:

Pat. S. Alter; 21 J.; Gew. 54 kg; Gr. 170 cm; Thoraxdurchmesser: 18 cm; RR 120/80; Versuchsdauer: 45 Min.

Zuerst wurde eine Eichkurve, dann eine Ruhekurve von 8 Min. Dauer geschrieben. Wir begannen dann mit einer Infusion von 10 μ /Min. Es kam zu einer Dichtezunahme nach 1,5 Min., deren Maximum nach 7 Min. erreicht ist und 1/2 Eichstufe entspricht, RR 140/100. Wir haben dann die Infusion auf 20 μ /Min. erhöht. Es kam nach 1,5 Min. zu einer Dichtezunahme entsprechend 1 Eichstufe. RR 160/115. Nach Beendigung der Infusion fiel die Dichtekurve wieder und erreichte nach 15 Min. wieder ihren Ausgangswert, der RR betrug am Ende des Versuches 140/100.

Ergebnis: Bei der Infusion von 10 μ /Min. kam es nach 7 Min. zu einer Zunahme des Lungenblutvolumens von 11,10 ml ‰, nach der Infusion von 20 μ /Min. zu einer Zunahme von 22,2 ml ‰.

Versuch 13:

Pat. Kl. Alter: 48 J.; Gew. 78 kg; Gr. 167 cm; Thoraxdurchmesser: 20,5 cm; RR 160/100; Versuchsdauer: 45 Min.

Nach Ruhekurve und Eichkurve erfolgte die Infusion von 20 μ /Min. Es kam nach 1,5 Min. zu einer allmählichen Dichtezunahme, deren Maximum nach 3 Min. erreicht war und 1 Eichstufe entspricht. RR 170/100. Wir reduzierten die Dosierung auf 10 μ /Min. nach 4,5 Min. Der RR stieg auf 175/110, es trat aber keine weitere Dichteänderung mehr ein. Wir haben deshalb die Infusion abgesetzt. Nach 12 Min. war der Ausgangswert der Dichtekurve wieder erreicht, der RR war wieder auf 160/100 gesunken. Dann haben wir wieder 10 μ /Min. infundiert; es kam nach 1,5 Min. zu einer Dichteabnahme, entsprechend 1/2 Eichstufe. Der RR stieg wieder auf 175/105. Nach 6 Min. wurde diese Infusion beendet, ohne daß eine weitere Dichteänderung eingetreten wäre. Nach weiteren 6 Min. hatte sich die Ausgangsdichte wieder eingestellt, der RR war wieder auf 165/100 gesunken.

Ergebnis: Bei der Infusion von 20 μ /Min. Noradrenalin betrug die Zunahme des

Lungenblutvolumens nach 3 Min. 19,2 ml ‰; die nach Erreichen der Ausgangslage wiederholte Infusion von 10 μ /Min. ergab eine Volumenabnahme von 9,6 ml ‰.

Versuch 14:

Pat. E. Alter: 47 J.; Gew. 58 kg; Gr. 168 cm; Thoraxdurchmesser: 19,5 cm; RR 105/80; Versuchsdauer: 25 Min.

Nach einer Ruhekurve und einer Eichkurve haben wir zuerst 10 μ /Min. infundiert. Es kam nach 1,5 Min. zu einer Dichteabnahme entsprechend einer Eichstufe. RR 120/90. Sofort nach Beendigung der Infusion kam es zu einer Dichtezunahme, so daß nach 3 Min. die Ausgangsdichte wieder erreicht war. Dann haben wir 20 μ /Min. infundiert. Es kam nach 1,5 Min. wieder zu einer Dichteabnahme, die in diesem Falle 2 Eichstufen entsprach. Der RR betrug 150/100. Wegen Unruhe des Patienten mußte der Versuch abgebrochen werden.

Ergebnis: Bei der Infusion von 10 μ /Min. Noradrenalin kam es zu einer Abnahme des Lungenblutvolumens von 20,4 ml ‰. Nach der Infusion von 20 μ /Min. betrug die Volumensabnahme 40,8 ml ‰.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse zusammengefaßt.

Versuch	RR	Dosierung in μ /Min.	Blutvolumenveränderungen	Zeit	Blutdruckänderung
1	140/90	20	- 36,36 ml ‰	2'	200/140
		10	- 9 "	1'30"	180/120
2	130/100	10	+ 50 "	5'	145/110
		20	- 20 "	6'	200/160
		30	+ 75 "	8'	210/160
3	140/90	20	- 11,42 "	1'	160/110
		30	- 22,8 "	30"	170/120
4	120/80	10	+ 11,1 "	1'30"	140/100
		20	+ 22,2 "	1'30"	160/115
5	160/100	20	+ 19,2 "	3'	170/100
		10	- 9,6 "	1'30"	175/105
6	105/80	10	- 20,4 "	1'30"	120/90
		20	- 40,8 "	1'30"	150/100

TABELLE 2

Veränderungen des Lungenblutvolumens durch Noradrenalin
+ bedeutet Zunahme; - bedeutet Abnahme

D. DISKUSSION

In seiner ersten Veröffentlichung über die neue Methode demonstriert Hess eine Dichtekurve, die unter Ruhebedingungen und in Horizontallage eine halbe Stunde lang ihr Niveau hält.

Diese Tatsache ist nicht nur ein Beweis für die Konstanz des Lungenblutvolumens unter Ruhebedingungen, sondern auch eine Voraussetzung für die Brauchbarkeit der Methode. (Hess)

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Wirkung von Sympatol und Noradrenalin zeigen nun, daß diese Pharmaka einen Einfluß auf die Lungendurchblutung haben.

Wir fanden bei Sympatol eine Zunahme des Lungenblutvolumens, die zwischen 12 ml ‰ und 80 ml ‰ lag. Als Näherungswert für die gesamte Zunahme des Lungenblutvolumens ergaben sich dabei 99 bis 358 ml. Das bestätigt die Ansicht von Mathes, der Sympatol einen Zentralisationseffekt zuschreibt. Diese Blutvolumenzunahmen waren begleitet von einem Blutdruckanstieg. Ging die Dichte wieder auf ihren Ausgangspunkt zurück, so normalisierte sich auch wieder der Blutdruck. In einem Fall kam es zu einer Dichteabnahme von 10 ml ‰, die Dosierung betrug wie bei den anderen Untersuchungen auch 0,06 g Sympatol. In diesem Fall war auch der Blutdruckanstieg nicht so groß wie bei den anderen Patienten. Auch Aviado beobachtete einen unterschiedlichen Effekt von Synephrine (ist gleich Sympatol) auf die Lungengefäße. Er sah sowohl Konstriktion als auch Dilatation, wobei es aber immer zu einem Blutdruckanstieg im großen Kreislauf kam. Es scheint aber, daß fast immer Sympatol eine Zunahme des Lungenblutvolumens bewirkt. Das konnte auch Fleischer nachweisen. Das würde auch die Beobachtung eines akuten Lungenödems erklären, über die Hess berichtet. Im Anschluß an eine Injektion von Sympatol kam es bei Patienten mit Lungenentzündung bzw. Babbitursäurevergiftung zu tödlichem Ausgang.

Die Ergebnisse zeigen also, daß besonders bei Patienten, bei denen das Lungenblutvolumen primär schon vermehrt ist, z. B. bei Pneumonien, bei Hypostase, bei Bluttransfusionen bei der Applikation von Adrenalinabkömmlingen Vorsicht geboten ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit Noradrenalin sind weniger einheitlich. Bei allen Untersuchungen zeigte sich ein Blutdruckanstieg, der abhängig von der Dosierung war. Es kam bei einer Dosierung von 10 μ /Min. zu einer Blutvolumenabnahme von -9 bis -20 ml ‰; in anderen Fällen zu einer Zunahme des Blutvolumens, die zwischen +11 und +50 ml lag. Bei der Dosierung von 20 μ /Min. zeigte sich in einigen Fällen eine Abnahme des Lungenblutvolumens, die zwischen -11 und -40 ml ‰ lag. In anderen Fällen kam es bei gleicher Dosierung zu einer Volumenzunahme zwischen +19 und +22 ml ‰.

Bei der Dosierung von 30 μ /Min. kam es in einem Fall zu einer Zunahme des Lungenblutvolumens von +75 ml ‰, in einem anderen Falle dagegen zu einer Abnahme von -22 ml ‰.

Es hat den Anschein, daß eine höhere Dosierung neben einem rascheren Blutdruckanstieg auch eine Zunahme des Lungenblutvolumens bewirkt. Borst fand in seinen Untersuchungen über die Wirkung von $2,2 \mu\text{g/kg/Min.}$ auf den Pulmonalkreislauf von Hunden eine Verminderung des Blutstroms in den Lungen in 22 von 24 Fällen. Eine Verminderung des Lungenblutvolumens sah auch Luisada.

Zu diesen Ergebnissen paßt auch die Beobachtung von McKay, daß das von Reinhardt an der Lunge des lebenden Kaninchens nach Adrenalininjektion direkt beobachtete Lungenödem nach einer Noradrenalininjektion weniger häufig eintritt, wobei Adrenalin und Noradrenalin eine gleichgroße Blutdrucksteigerung hervorrufen.

Shadle konnte zeigen, daß Adrenalin und Noradrenalin eine Konstriktion der pulmonalen und peripheren Gefäße bewirken; daß aber die Lungengefäße viel weniger empfindlich sind.

Für die Abnahme des Lungenblutvolumens ist möglicherweise eine Änderung der Atemmittellage verantwortlich, die wir in einigen Fällen beobachten konnten. Reale und Kappert fanden in Übereinstimmung mit Konzett eine Verminderung des Lungenblutvolumens bei Noradrenalininjektion und gleichzeitig eine bronchodilatatorische Wirkung, die $1/5$ bis $1/10$ der des Adrenalins entspricht. Sie beobachteten in einigen Fällen eine Vergrößerung der Atemexkursionen, zugleich trat bei den Patienten ein typisches subjektives Gefühl des tiefen Atmens ein. Sie erklären es damit, daß ein Anwachsen der Atemexkursionen das verminderte Lungenblutvolumen kompensieren soll.

Feeley und Dock fanden dagegen bei der Infusion von $0,5$ bis $2,0 \mu\text{g/kg/Min.}$ Noradrenalin an narkotisierten Hunden eine Zunahme des Lungenblutvolumens, die zwischen 26 und 56 ml/10 kg betrug.

Die wesentlich höheren Dosierungen von Noradrenalin bei den angeführten Autoren scheinen unsere Ansicht zu bestätigen, daß eine höhere Dosierung als $10 \mu\text{g/Min.}$ eine Blutvolumenzunahme bewirkt. Die unterschiedlichen Untersuchungsergebnisse der angeführten Autoren scheinen die Ansicht von Borst zu bestätigen, daß nämlich die Reaktion des Lungenkreislaufes bei den einzelnen Individuen bei gleicher Dosierung von Noradrenalin sehr unterschiedlich ist.

Die genauen Ursachen für eine Änderung des Lungenblutvolumens sind nach Ansicht von Aviado nicht genau bekannt. Seiner Ansicht nach sind 5 Faktoren dafür verantwortlich:

1. Änderung des Schlagvolumens des Herzens.
2. Konstriktion bzw. Dilatation der Vena pulmonalis.
3. Konstriktion bzw. Dilatation der pulmonalen Kappilaren.
4. Änderung des Tonus der Gefäße des großen Kreislaufes, die bei Dilatation einen vermehrten Abstrom, bei Konstriktion einen vermehrten Zustrom von Blut in das Lungengefäßsystem bewirken.
5. Fehler der Ventrikel.

Feeley und coll. sind der Ansicht, daß sowohl passive als auch aktive Mechanismen das Lungenblutvolumen verändern können. Feeley demonstrierte nach der Infusion von Noradrenalin eine Volumenzunahme bei gleichzeitigem Druckanstieg im linken Vorhof und Art. Pulmonalis, also ein passiver Vorgang. Dagegen zeigte sich bei der Infusion von Isoproterenol eine Zunahme des Lungenblutvolumens, die durch Erweiterung der Lungenkapillaren zustande kam bei gleichzeitigem Druckabfall in Art. Pulmonalis und linkem Vorhof, also ein aktiver Vorgang. Zu der gleichen Ansicht kommt auch Oakley.

Dock fand in seinen Untersuchungen, daß eine Beziehung zwischen der Höhe des Druckes im linken Vorhof und dem Lungenblutvolumen besteht. Das Durchschnittsblutvolumen der Lungen betrug 277 ml/m^2 Körperoberfläche in der Gruppe von Patienten mit einem linken Vorhofdruck von 15 mm Hg oder weniger und 357 ml in der Gruppe von Patienten mit einem linken Vorhofdruck über 15 mm Hg.

Rose sah eine Vasokonstriktion bei Adrenalin- und Noradrenalininjektion bei der Einwirkung auf das isolierte Strombett der Pulmonalgefäße bei Hunden; es zeigte sich ein mäßiger Anstieg des Drucks in der Art. pulmonalis und ein Absinken des Druckes in der Vena pulmonalis. Gelangten diese Pharmaka in den großen Kreislauf, so erfolgte ein höherer Druckanstieg in der Art. pulmonalis, der Blutstrom in der Vena pulmonalis nahm zu, was weitgehend auf eine Vergrößerung des Minutenvolumens des rechten Ventrikels zurückgeführt wird. Nahas und McDonald berichten, daß bei ihren Versuchen eine Erhöhung des Druckes in der Art. pulmonalis sofort nach der i. v. Injektion von Noradrenalin erfolgte und von einer Erniedrigung des Druckes in der Vena pulmonalis begleitet war, und zwar zu einer Zeit, als das Herzschlagvolumen noch nicht zugenommen hatte.

Rittmeyer fand bei 125 Noradrenalin an narkotisierten Hunden einen synchronen Blutdruckanstieg in der Art. abdominalis und Art. pulmonalis, der sich 3,5 Min. nach Absetzen der Infusion wieder normalisierte. Nach den Untersuchungen von Modzien kommt es unter der Wirkung von Noradrenalin zu einer Abnahme des Minutenvolumens, zu einer Erhöhung der Frequenz und zu einer Erhöhung des peripheren Widerstandes. Dagegen zeigte sich bei seinen Untersuchungen an Hunden nach Sympatolapplikation eine initiale noradrenalinartige Wirkung; dann kam es zu einer Erhöhung des Minutenvolumens und der Frequenz und zu einer Erniedrigung des peripheren Widerstandes.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über eine Methode berichtet, mit der eine fortlaufende quantitative Registrierung des Lungenblutvolumens möglich ist. Man erhält eine Kurve, welche Zunahme und Abnahme der Lungendichte durch Ein- und Ausatmung wiedergibt und deren Niveauunterschiede der Dichteänderung der Lunge entspricht. Mit Hilfe eines Eichsystems sind Dichteänderungen quantitativ bestimmbar.

Mit dieser Methode wird in 8 Fällen die Wirkung von Sympatol und in 6 Fällen die Wirkung von Noradrenalin auf das Lungenblutvolumen untersucht.

Bei Sympatol kam es in 7 Fällen zu einer Zunahme des Lungenblutvolumens, in einem Fall zu einer Abnahme.

Die Ergebnisse der Noradrenalinuntersuchungen waren nicht einheitlich. Es zeigte sich sowohl eine Zunahme als auch eine Abnahme des Lungenblutvolumens, wobei der Eindruck entstand, daß eine höhere Dosierung neben einem rascheren Blutdruckanstieg auch eine Zunahme des Lungenblutvolumens bewirkte.

Die Ergebnisse werden anschließend diskutiert und mit den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren verglichen.

Die Ursachen dieser Änderungen des Lungenblutvolumens werden diskutiert. Dabei zeigte sich, daß die Ursachen nicht genau bekannt sind.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Privat-Dozent
H. HESS für die Überlassung des Themas der Disserta-
tion und für seine unermüdliche Hilfe vielmals danken.
Die Untersuchungen wurden unter Leitung von Herrn
Privat-Dozent H. HESS im Jahre 1961 durchgeführt.

F. LITERATURVERZEICHNIS

- AVIADO, D. M. : The pharmacology of the pulmonary circulation.
Pharmacolog. Reviews 12, 1960, 159.
- AVIADO, D. M. ; C. F. Schmidt: Effects of sympaticometc drugs on the pulmonary circulation, with special reference to a new pulmonary vasodilator.
J. of Pharmacolog. a. Exp. Therapeutics. Vol. 120, 1957, 512.
- BORST, H. G. ; E. BERGLUND; PH. MCGREGOR: The effects of pharmacologic agents on the pulmonary circulation in the dog. Studies on epinephrine, norepinephrine, 5-hydroxytryptamine, acetylcholine, histamine and aminophylline.
J. Cl. Invest. 36, 1957, 669
- DOCK, S. D. ; W. L. KRAUS; L. B. MCGUIRE; J. W. HYLAND; F. W. HAYNES; C. DEXTER: The pulmonary blood volume in man.
J. Cl. Invest. 40, 1961, 317.
- FEELEY, J. W. ; T. D. LEE; W. R. MILNOR: Active and passive changes in pulmonary blood volume.
Circulat. 24, 1961, 931.
- FLEISCHER, K. : Eine Methode zur fortlaufenden Messung der quantitativen Veränderungen des Lungenblutvolumens beim Menschen.
Diss. München 1962.
- HAMILTON, W. F. : Simultaneous determination of the greater and lesser circulation times, of the mean velocity of blood flow through the heart and lungs, of the cardiac output and an approximation of the amount of blood actively circulating in the heart and lungs.
Amer. J. Physiol. 85, 1928, 377-378
- HESS, H. : Eine Methode zur fortlaufenden Registrierung der Veränderungen des Lungenblutvolumens beim Menschen.
Verh. d. D. Ges. f. Kreislaufforschung. 22. Tagung, 1957, 297

- HESS, H. : Fortläufende quantitative Messungen akuter Veränderungen des Lungenblutvolumens beim Menschen.
Kl. Wochenschrift. 40. Jahrg. 23. Heft, 1962, 1193-1196
- McKAY, E. M. ; E. F. PECKA jr. : Studies of experimental pulmonary edema; pulmonary adema from l-epinephrine and l-norepinephrine (arterenol)
Proc. Soc. Exp. Biol. 71, 1960, 130
- KJELLBERG, G. R. ; U. RUHDE; T. SJÖSTRAND: Recording of x-ray absorption by the lungs with changes in the pulmonary blood contents.
Acta Physiol. Scand. 20, 1950, 166.
- KONZETT, H. ; C. O. HEBB: Arch. Int. Pharmacol. 78, 1949, 210
zitiert bei REALE, A.
- LAMMERANT, J. : Le volume sanguin des poumons chez l'homme.
Université de Louvain (1957) Editions Arscia, Bruxelles.
- LUISADA, A. A. ; C. K. LIU; E. JONA: Studies of pulmonary vessels.
Angiology, 6, 1955, 618
- MATHES, U. K. : Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit fortlaufend registrierenden Methoden.
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1951.
- MILNOR, W. R. ; A. D. JOSE; CH. McGRAFF: Pulmonary vascular volume, resistance and compliance in man.
Circulation 22, 130, 1960
- MODZIEN, G. : Über die Atmungs- und Kreislaufswirkung von Adrenalin, Noradrenalin, Corbasil, 3, 4 Dioxypyphenidin, Sympatol, Suprifen Epinin, Norepinin (Oxytyramin), 3, 4 Dioxypyphenyl-Morpholin, beim nicht narkotisierten Hunde
Inaug. Diss. Heidelberg 1957.
- NAHAS, G. G. ; McDONALD: Circulatory effects of noradrenalin during apnea in the curarized dog.
Am. J. Physiol. 187, 1956, 618.

- NOWY, H. H. ; H. D. FRINGS: Korrelation zwischen Schlagvolumen und zentralem Blutvolumen beim Herzgesunden.
Z. Kreisl. Forsch. 47, 1958, 986.
- OAKLEY, C. ; G. GLICK; M. LURIA; B. F. SCHREINER; P. N. YU:
Some regulatory mechanism of the human pulmonary vascular bed.
Circulation 26, 1962, 917.
- REINHARDT, E. :
Beiträge zur Kenntnis der Lunge als neurovasculären und neuromuskulären Organs nach Beobachtungen an der Lunge des lebenden Kaninchens.
Virchows Arch. path. Anat. 292, 1934, 322.
- REALE, A. ; A. KAPPERT; C. H. SUTTOR; G. SKOGLUND:
The effect of L-noradrenalin on the oxygen consumption of human being.
Acta Physiol. Scand. 20, 1950, 153.
- RITTMAYER, P. :
Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung vasopressorischer Substanzen auf den kleinen Kreislauf.
Der Anaesthesist 11, 1962, 359.
- ROSE, J. ; E. D. FREIS; C. A. HUFNAGEL; E. A. MASUELLO:
Effects of adrenalin and noradrenalin in dogs studies with a mechanical left ventricle. Demonstration of active vasoconstriction in the lesser circulation.
Amer. J. Physiol. 182, 1955, 197.
- ROUGHTON, F. J. W. :
The diffusing capacity of the pulmonary membrane and pulmonary capillary blood volume in man.
XX^O Congres Intern. Physiol. Bruxelles 1956, 783.
- SHADLE, O. M. ; J. C. MOORE; D. M. BILLIG:
Effects of L-arterenol infusion on the central blood volume in the dog.
Circulation Res. 3, 1955, 503.
- SJÖSTRAND, T. :
Volume and distribution of blood and their significance in regulating the circulation.
Physiol. Rev. 33, 1953, 202.

MARCHAL, M. :

De l'enregistrement des pulsations invisibles du
parenchyme pulmonaire ainsi que des pulsations
cardiovasculaires par la kinédensigraphie.
Arch. malad. d. coeur 39, 1946, 345.

LEBENS LAUF

Am 8. Oktober 1936 wurde ich als zweites von drei Kindern des Freigattenkapitäns a. D. Heinz Gahlemann und seiner Ehefrau Elisabeth, geborene Tyczka in Berlin geboren. Durch den Krieg und seine Folgen gezwungen besuchte ich die Volksschulen in Tarnowitz O/S, Görlitz und Bad Wildungen, wo ich 1947 die Aufnahmeprüfung für höhere Schulen bestand. Ich besuchte dann die Gymnasien in Jülich und das Aloisiuskolleg in Bad Godesberg, wo ich am 24. Februar 1956 das Abitur bestand.

Da ich Geologie studieren wollte, arbeitete ich ein halbes Jahr als Praktikant im Steinkohlenbergbau und studierte anschließend zwei Semester Geologie an der Universität München.

Im November 1957 wechselte ich die Fakultät und studierte seit dem Medizin an der Universität München. Das Physikum habe ich im Sommer 1959, das Staatsexamen am 15. Dezember 1962 bestanden.

Anschließend war ich fünf Monate als Pflichtassistent in der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses des III. Ordens in München-Nymphenburg und dann drei Monate in der Dermatologischen Universitätsklinik München. Z. Zt. bin ich in der Inneren Abteilung des Städtischen Krankenhauses München-Oberföhring tätig.

